نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۶۱-۴۷

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, p. 47-61

مقاله علمی-پژوهشی

مقایسه به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال در محاسبه سنجه‌های عدم حتمیت درآمد محصولات زراعی عمده منطقه گهرباران ساری

فاطمه کشیری کلائی[۱]- سید علی حسینی یکانی[۲]*- سید مجتبی مجاوریان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۰

چکیده

با وجود اینکه فعالیت در بخش کشاورزی توأم با عدم حتمیت می‌باشد، مدل‌سازی مناسبی برای سنجش عدم‌حتمیت‌های این بخش صورت نگرفته است. سنجش عدم حتمیت در درجه اول مستلزم استخراج درجه باور بوده و در درجه دوم، استفاده از تئوری عدم حتمیت در مدل‌سازی آن ضروری به‌نظر می‌رسد. در مطالعه حاضر به‌منظور شناسایی لزوم به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت به جای تئوری احتمال در کمی‌سازی درجه باور، محاسبه سنجه‌های عدم حتمیت همچون واریانس و ارزش در معرض خطر دنباله‌دار برای درآمد غیرحتمی محصولات زراعی عمده، در منطقه گهرباران ساری مدنظر قرار داده شد. درآمد غیرحتمی نیز از حاصلضرب دو متغیر غیرحتمی قیمت و عملکرد محاسبه شد. نتایج حاکی از آن بود که علی‌رغم اختلاف ناچیز ارزش در معرض خطر دنباله‌دار محاسبه شده در تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت، میزان واریانس بیش از ۳۰ درصد در تئوری احتمال نسبت به تئوری عدم حتمیت، کمتر سنجیده شده است. این نتیجه لزوم ترویج تئوری عدم حتمیت را در مدل‌سازی درجه باور نمایان می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، درجه باور، عدم حتمیت، عملکرد، قیمت

مقدمه

یکی از مباحث مهم در مدیریت واحدهای کشاورزی، اندازه‌گیری و مدیریت عدم قطعیت‌های وابسته به این بخش می‌باشد. از جمله تئوری‌های پرکاربرد در کمی‌سازی عدم قطعیت‌ها، تئوری احتمال بوده است. فرض اساسی استفاده از تئوری احتمال در این است که وضعیت متغیرهای غیرقطعی در آینده می‌تواند از طریق فرآیند گذشته منعکس شود. به‌عبارتی توزیع احتمال متغیر ریسکی شبیه به توزیع آن متغیر در گذشته است. اما با توجه به نوسانات غیرمنتظره‌ای که در مورد متغیرهای غیرقطعی در دنیای واقعی مشاهده می‌شود، لحاظ چنین فرضی صحیح به نظر نمی‌رسد (۱۸). به‌عبارتی می‌توان اذعان نمود که با وجود کثرت کاربرد تئوری احتمال در کمی‌سازی عدم قطعیت، اعتبار استفاده از این تئوری به وجود معیار فراوانی متغیر غیرقطعی وابسته بوده و در شرایط واقعی که مبتنی بر عدم وجود فراوانی برای برخی متغیرهای غیرقطعی است، به‌کارگیری تئوری احتمال صحیح به نظر نمی‌رسد.

برای رویدادهایی که امکان سنجش فراوانی برای آنها وجود ندارد، یگانه راهکار، استفاده از قضاوت‌ها و برآوردهای ذهنی اشخاص در حوزه مربوطه به‌جای داده‌های تاریخی می‌باشد. به همین دلیل در اغلب پژوهش‌ها به‌جای استخراج تابع توزیع احتمال واقعی (عینی[۴]) که مبتنی بر سنجش فراوانی[۵] متغیر تصادفی است، اقدام به تعیین یک تابع توزیع احتمال مبتنی بر دانش یا تجربه یا درجه باور[۶] یک فرد یا مجموعه‌ای از افراد می‌شود که به آن تابع توزیع احتمال ذهنی[۷] گفته می‌شود. تحت این شرایط، احتمالات ذهنی تنها اطلاعاتی هستند که از احتمال وقوع متغیر تصادفی موردنظر موجود بوده و مسلماً این اطلاعات و به دنبال آن، تابع توزیع احتمال استخراج‌شده از فردی به فرد دیگر متفاوت خواهد بود (۱۵). بنا به تعریف، چنین متغیر تصادفی یک متغیر ریسکی نبوده و طبیعتاً متغیری توأم با عدم حتمیت

۱- دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و عضو بنیاد ملی نخبگان
۲ و ۳- دانشیاران گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: hosseiniyekani@gmail.com)
DOI: 10.22067/jead2.vi0.82584

4- Objective probability
5- Frequency
6- Belief degree
7- Subjective probability

است.

بسیاری از محققان با پذیرش احتمال ذهنی (باور ذهنی)، تمایز ریسک و عدم حتمیت نایت را تقریباً بی‌معنی فرض نموده و لذا آنها را به‌جای هم استفاده نموده‌اند (۲۰). اما واضح است که به‌علت تفاوت های ذاتی موجود بین ریسک و عدم حتمیت، معادل دانستن آنها و استفاده از روش‌های همسان برای اندازه‌گیری آنها صحیح نمی‌باشد (۱۱). ایراد عدم تمایز و عدم رعایت مرز میان ریسک و عدم حتمیت زمانی آشکارتر می‌شود که از روش یکسانی برای سنجش عدم قطعیت بوجود آمده ناشی از این دو استفاده گردد. در تمامی پژوهش های پیشین، چه در خصوص متغیرهای ریسکی (متغیرهای تصادفی با تابع توزیع احتمال عینی مبتنی بر فراوانی وقوع) و چه در ارتباط با متغیرهای توأم با عدم حتمیت (متغیرهای تصادفی با تابع توزیع احتمال ذهنی مبتنی بر درجه باور تصمیم‌گیرنده) از قواعد تئوری احتمال یا تئوری فازی[1] برای اندازه‌گیری میزان عدم قطعیت موجود استفاده شده است. اما لیو (۱۶) بیان نمود که مقدار عدم حتمیت، در قالب تئوری‌های تصادفی و فازی قابل‌سنجش نمی‌باشد. در واقع تئوری تصادفی که مبتنی تئوری احتمال است و نظریه فازی که برمبنای نظریه امکان[2] است، قابلیت مدل‌سازی عدم حتمیت را ندارند. به اعتقاد وی، متغیرهای توأم با عدم حتمیت دارای ویژگی‌هایی هستند که در قالب دو تئوری مذکور قابل بیان نبوده و لذا مدل‌سازی عدم حتمیت، باید به‌صورت مجزا در قالب تئوری دیگری تحت عنوان تئوری عدم حتمیت[3] صورت گیرد.

با پذیرش تئوری عدم حتمیت، علاوه بر استفاده از درجه باور به جای فراوانی، نحوه محاسبه گشتاورهای ریاضی با روابط متناظر آنها در تئوری احتمال متفاوت خواهد بود. عدم توجه به این تمایز و مدل سازی درجه باور در قالب تئوری احتمال و یا فازی، ممکن است نتایج گمراه‌کننده‌ای حاصل نماید (۱۶). در واقع به دلیل محافظه‌کاری ذهن انسان و وزن‌دادن بیشتر به اتفاقات نامطلوب‌تر به هنگام ارزیابی درجه باور (۱۴)، ممکن است درجه باور از معیار فراوانی فراتر رود و لذا به‌کارگیری تئوری احتمال در مورد کمی‌سازی آن صحیح نخواهد بود.

اگرچه عدم حتمیت در تصمیم‌سازی‌های تمامی بخش‌های اقتصادی وجود دارد، اما در بخش کشاورزی نمود و حضور بیشتری داشته و به‌عنوان جزئی لاینفک از شرایط حاکم بر محیط تصمیم به شمار می‌رود (۲۰). یکی از مخاطرات بارز در فعالیت کشاورزی، عدم حتمیت در قیمت محصولات کشاورزی است. در واقع به‌هنگام اتخاذ تصمیم برای تولید محصول، کشاورز از قیمت زمان فروش آگاهی مشخصی ندارد. مطمئناً بخش زیادی از عدم حتمیت قیمت با نوسانات ذاتی بازارهای کشاورزی مرتبط می‌باشد. برای مثال منشاء ایجاد چنین بی‌ثباتی‌هایی ممکن است نوسانات تقاضای محصولات باشد (۹). یکی دیگر از عدم حتمیت‌های موجود در فعالیت کشاورزی، میزان بارندگی بوده است. بارندگی از جهات مختلفی بر تصمیم‌سازی تولیدکنندگان کشاورزی اثرگذار است. این عامل نه تنها به‌صورت موردی بر میزان عملکرد هر محصول مؤثر است بلکه به‌صورت فراگیر با درنظرگرفتن محدودیت منابع آبی، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع و مساحت محصول تولیدی را نیز متأثر می‌سازد (۲۵).

با توجه به اهمیت عدم حتمیت قیمت محصولات و بارندگی، در مطالعه حاضر این دو متغیر توام با عدم حتمیت فرض شده‌اند. همچنین با توجه به رابطه‌ای که عملکرد محصول نسبت به بارندگی می‌تواند داشته باشد، می‌توان عدم حتمیت عملکرد محصولات را نیز محاسبه نمود. در نهایت در قالب تئوری عدم حتمیت، سنجه‌های عدم حتمیت مشتمل بر واریانس و ارزش در معرض خطر دنباله‌دار[4] (TVaR) برای درآمد که حاصلضرب دو متغیر غیرحتمی قیمت و عملکرد است محاسبه شده است. همچنین برای شناسایی لزوم استفاده از تئوری عدم حتمیت در مدل‌سازی درجه باور، مقادیر سنجه های فوق بر اساس تئوری احتمال نیز محاسبه و با نتایج تئوری عدم حتمیت محاسبه شده است.

گام اول برای کمی‌سازی درجه باور، استخراج درجه باور است. به این منظور، منطقه گهرباران شهرستان ساری انتخاب شده است. مطابق با جدیدترین تقسیمات کشوری، گهرباران را به دو ناحیه گهرباران شمالی به مرکزیت طبقده با ۱۱ روستای تحت پوشش و گهرباران جنوبی به مرکزیت ماکران با ۹ روستای تبعه تقسیم نموده اند. محصولات زراعی عمده این منطقه شامل برنج، گندم، سویا، کلزا، حبوبات، سبزیجات، نباتات علوفه‌ای و محصولات جالیزی شامل هندوانه، گوجه‌فرنگی، خربزه و خیار می‌باشد (۲).

در زمینه استخراج درجه باور و تداخل آن در مدل‌سازی‌های کشاورزی مطالعات مختلفی صورت گرفته است اما مطالعه مشابهی که به محاسبه و مقایسه سنجه‌های عدم حتمیت مبتنی بر تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال پرداخته باشد یافت نشده است. در مطالعه ترکمانی (۲۳) به اندازه‌گیری و تداخل باورهای شخصی کشاورزان در مورد رویدادهای غیرحتمی در تحلیل تصمیم‌گیری مزرعه پرداخته شد. وی در مطالعه خود ضمن اشاره به برخی از روش‌های استخراج احتمال ذهنی، انواع توابع مطلوبیت متداول را مقایسه و توزیع احتمال شخصی در مورد قیمت‌ها و عملکرد محصولات را در برآورد درآمد خالص محصولات مزرعه متداخل نمود. همچنین به منظور استخراج احتمال ذهنی از روش توزیع مثلثی[5] و برای یافتن ترکیب بهینه محصولات، از برنامه‌ریزی تصادفی گسسته[6] استفاده نمود. در این

1- Fuzzy theory
2- Possibility theory
3- Uncertainty theory

4- Tail Value at Risk (TVaR)
5- Triangular distribution
6- Discrete stochastic programming (DSP)

مطالعه با وجود استفاده از قضاوت‌های شخصی افراد در مورد قیمت و عملکرد محصولات، محاسبه درآمد خالص انتظاری، همچون سایر مطالعات مشابه، مبتنی بر تئوری احتمال بوده است. همچنین عبدالهی عزت‌آبادی و بخشوده (۱) در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی امکان استفاده از بیمه محصول پسته در پسته‌کاران ایران، اذعان نمودند با توجه به کمبود اطلاعات سری‌زمانی، از درجه باور پسته‌کاران در مورد قیمت و عملکرد محصول پسته در سال آتی (۱۳۸۱) استفاده نمودند. به این منظور برای استخراج درجه باور از روش توزیع مثلثی استفاده نموده و در نهایت با استفاده از توابع توزیع عملکرد و قیمت، درآمد انتظاری سال آتی را محاسبه نمودند. همچنین الوانچی و همکاران (۳) نیز برای انجام تحقیق خود به جمع‌آوری قضاوت‌های ذهنی در مورد قیمت و عملکرد محصولات پرداختند. در مطالعات خارجی، شیک و همکاران (۲۲) در راستای بررسی تقاضای بیمه عملکرد و درآمدی محصولات کشاورزی، به‌منظور محاسبه غرامت انتظاری کشاورزان به‌جای داده‌های تاریخی از قضاوت‌های ذهنی کشاورزان در مورد قیمت و عملکرد محصولات استفاده نمودند. در زمینه به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت و لزوم استفاده از آن برای مدل‌سازی درجه باور، هوانگ (۱۳) به ارائه الگویی جهت انتخاب پرتفوی بهینه برمبنای درجه باور کارشناسان پیرامون نرخ‌های بازدهی اوراق پرداخت. وی همچنین یک معیار ریسک جدید را پیشنهاد نموده و الگوی برنامه ریزی ریاضی گزینش پرتفوی را با هدف حداکثرسازی ارزش انتظاری پرتفوی با محدودیت ریسک ارائه نمود. با فرض اینکه بازدهی اوراق، توزیع عدم حتمیت به شکل‌های نرمال[1] و خطی[2] داشته باشد، معادل دقیق الگوی برنامه‌ریزی ریاضی از پیش‌گفته را تعیین نموده و نشان داد درنظرگرفتن بازدهی‌های تصادفی به‌جای بازدهی‌های غیرحتمی منجر به فاجعه می‌شود.

یادآور می‌شود که مطالعه مشابهی در راستای هدف پژوهش حاضر یافت نشده و موارد فوق‌الذکر را می‌توان از مرتبط‌ترین‌ها برشمرد. اما در زمینه به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت در بهینه‌سازی‌ها به‌خصوص در مطالعات خارجی، می‌توان گفت این تئوری به‌شدت مورد بحث و کاربرد قرار گرفته که از آن جمله می‌توان به هوانگ و ژائو (۱۲)، دالمان (۸)، چن و همکاران (۵)، لیو و همکاران (۱۹) و چیریما و ماتت (۶) اشاره نمود. با این حال در تمامی مطالعات مذکور، تنها با یک مثال عددی به کاربرد تئوری عدم حتمیت پرداخته شده و البته اصل ضرب[3] عدم حتمیت که تمایز اصلی این تئوری با تئوری احتمال است مورد توجه قرار نگرفته است. مطالعه حاضر در راستای اهمیت کمی‌سازی عدم حتمیت در بخش کشاورزی و به‌منظور شفاف‌سازی برخی محاسبات در راستای مدل‌سازی درجه باور در قالب تئوری عدم حتمیت انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در شرایط وجود عدم حتمیت، یگانه راه موجود برای تعیین درجه عدم قطعیت، استفاده از درجه باور یک یا مجموعه‌ای از افراد در مورد رویداد غیرحتمی مورد مطالعه است. پس از استخراج درجه باور، بایستی به مدل‌سازی آن برای محاسبه گشتاورهای ریاضی مورد نیاز پرداخت. این مدل‌سازی مبتنی بر یکسری اصولی انجام می‌شود که با توجه به ماهیت درجه باور، لیو (۱۶) تئوری عدم حتمیت را ارائه نمود. در این تئوری، اندازه عدم حتمیت[4] که با $\mathcal{M}$ نمایش داده می شود، ویژگی‌های مشخصی دارد. این معیار باید از اصول نرمال بودن[5]، دوگانگی[6]، زیرجمعی شمارا[7] و اصل ضرب عدم حتمیت پیروی نماید (۱۸) که با توجه به اینکه تمایز اصلی تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال در اصل ضرب است، در ادامه اصل ضرب عدم حتمیت و ضرب احتمالات ارائه شده است.

اصل ضرب عدم حتمیت: مطابق با این اصل، عدم حتمیت وقوع ضرب یک‌سری از رویدادها برابر با حداقل عدم حتمیت وقوع رویدادهای فردی است. این قضیه به‌شرح رابطه (۱) تعریف شده است (۱۸):

$$\mathcal{M}\left\{\prod_{q=1}^{\infty}\Lambda_q\right\}=\bigwedge_{q=1}^{\infty}\mathcal{M}_q\{\Lambda_q\} \qquad (۱)$$

اصل ضرب احتمالات: این اصل بیان می‌کند احتمال وقوع ضرب یک سری از رویدادها برابر با حاصلضرب احتمال وقوع هر یک از آن رویدادها می‌باشد.

$$Pr\left\{\prod_{q=1}^{l}\Lambda_q\right\}=\prod_{q=1}^{l}Pr\{\Lambda_q\} \qquad (۲)$$

اصل فوق حاکی از آن است که اگر برای مدل‌سازی درجه باور از تئوری احتمال استفاده شود، احتمال وقوع ضرب دو رویداد، حتما کمتر از میزان متناظر با آن در تئوری عدم حتمیت خواهد بود.

با توجه به اصول از پیش گفته، پذیرش اصول تئوری عدم حتمیت منجر به تفاوت‌هایی در نحوه محاسبه گشتاورهای ریاضی جهت کمی‌سازی نتایج می‌شود و این مسئله زمانی که محقق با شرایط ضرب دو یا چند پارامتر غیرحتمی سر و کار داشته باشد نمود بیشتری دارد که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است.

1- Normal
2- Linear
3- Product

4- Uncertain measure
5- Normality
6- Self-duality
7- Countable sub-additivity

از گشتاورهای ریاضی پرکاربرد در مدل‌سازی‌های بخش کشاورزی، ارزش انتظاری بازده برنامه‌ای کشاورزان می‌باشد. در این راستا در ادامه نحوه محاسبه ارزش انتظاری در تئوری عدم حتمیت و مقایسه آن با تئوری احتمال ارائه می‌شود.

فرض کنید که r نشان‌دهنده عدد حقیقی و ξ یک متغیر غیرحتمی باشد. تابع توزیع عدم حتمیت (Φ) برای یک متغیر غیرحتمی مانند ξ، به‌صورت $\Phi(r) = \mathcal{M}\{\xi \leq r\}$ بیان شده است (۱۶) که در آن $\mathcal{M}$ نشان‌دهنده شانس وقوع اقدام غیرحتمی است.

ارزش انتظاری چنین واقعه غیرحتمی به‌شرح رابطه (۴) قابل محاسبه است (۱۶).

$$E(\xi) = \int_0^{+\infty} \mathcal{M}\{\xi \geq r\}\, dr - \int_{-\infty}^{0} \mathcal{M}\{\xi \leq r\} dr \qquad (۴)$$

همچنین می‌توان اینگونه استنتاج نمود که ارزش انتظاری یک متغیر غیرحتمی با توجه به تابع توزیع معکوس عدم حتمیت[1] ($\Phi^{-1}(\alpha)$) ارائه شده در رابطه (۵) نیز قابل محاسبه است (۱۷).

$$E(\xi) = \int_0^1 \Phi^{-1}(\alpha)\, d\alpha \qquad (۵)$$

برمبنای رابطه فوق، اگر ξ یک متغیر غیرحتمی باشد که از برایند چند متغیر غیرحتمی مستقل نظیر $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l$ محاسبه می‌شود، به عبارتی برای مثال برابر $f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l)$ باشد، اگر f تابعی افزایشی در $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$ و کاهشی در $\xi_k, \xi_{k+1}, \dots, \xi_l$ باشد، آنگاه ارزش انتظاری ξ در قالب رابطه (۶) قابل اندازه‌گیری است.

$$E(\xi) = \int_0^1 f(\Phi_1^{-1}(\alpha), \Phi_2^{-1}(\alpha), \dots, \Phi_k^{-1}(\alpha), \Phi_{k+1}^{-1}(1-\alpha), \dots, \Phi_l^{-1}(1-\alpha))\, d\alpha \qquad (۶)$$

از رابطه (۶) اینگونه استنتاج می‌شود که در صورت استقلال دو متغیر غیرحتمی[2]، ارزش انتظاری ضرب آن دو از طریق ضرب ارزش انتظاری آنها محاسبه نمی‌شود و واضح است که اگر نتایج درجه باور بر مبنای تئوری احتمال کمی‌سازی شود نتایج صحیحی نخواهد بود.

به‌عنوان کاربردی از مطالب فوق در سطح مزرعه، می‌توان به پارامتر درآمد محصولات (R) اشاره نمود که از ضرب قیمت هر کیلوگرم محصول (p) در عملکرد محصول (y) قابل محاسبه است به عبارتی $R = p.y$ است. در این صورت اگر $\Phi_p^{-1}(\alpha)$ و $\Phi_y^{-1}(\alpha)$ به ترتیب توزیع عدم حتمیت معکوس برای p و y باشند، از آنجا که درآمد، تابعی افزایشی با توجه به p و y است، به شرط مستقل بودن p و y، می‌توان ارزش انتظاری درآمد را به‌صورت رابطه (۷) نوشت.

$$E(R) = \int_0^1 \Phi_p^{-1}(\alpha).\Phi_y^{-1}(\alpha) d\alpha \qquad (۷)$$

این در حالی است که اگر تئوری احتمال در مدل‌سازی درجه باور استفاده شود، با شرط استقلال دو متغیر تصادفی می‌توان نوشت:

$$E(R) = \int_0^1 \Phi_p^{-1}(\alpha) d\alpha . \int_0^1 \Phi_y^{-1}(\alpha) d\alpha \qquad (۸)$$

که با نتیجه رابطه (۷) متفاوت است. بنابراین اگر با درجه باور همانند احتمال ذهنی رفتار شود و برای محاسبه ارزش انتظاری متغیر غیرحتمی از روش تئوری احتمال استفاده شود، برآورد صحیحی حاصل نمی‌شود.

در مطالعه حاضر، پس از محاسبه درآمد انتظاری، به محاسبه سنجه‌های عدم حتمیت مشتمل بر واریانس و TVaR نیز پرداخته شده است. واریانس متغیر غیرحتمی ξ با ارزش انتظاری e مطابق با رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$V[\xi] = E[(\xi - e)^2] \qquad (۹)$$

این تعریف بیان می‌نماید که واریانس، معادل ارزش انتظاری $(\xi - e)^2$ می‌باشد. از آنجاکه $(\xi - e)^2$ غیرمنفی است لذا می‌توان واریانس را به‌صورت رابطه (۱۰) نیز بیان نمود:

$$V[\xi] = \int_0^{+\infty} M\{(\xi - e)^2 \geq r\} dr \qquad (۱۰)$$

بر اساس قضیه‌ای، اگر ξ یک متغیر غیرحتمی باشد که از برایند چند متغیر غیرحتمی مستقل نظیر $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l$ محاسبه شود، به عبارتی برای مثال برابر $f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l)$ باشد، اگر f تابعی افزایشی در $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$ و کاهشی در $\xi_k, \xi_{k+1}, \dots, \xi_l$ باشد، آنگاه واریانس ξ در قالب رابطه (۱۱) قابل اندازه‌گیری است (۲۴).

$$V[\xi] = \int_0^1 \left\{ \begin{matrix} f(\Phi_1^{-1}(\alpha), \Phi_2^{-1}(\alpha), \dots, \\ \Phi_k^{-1}(\alpha), \Phi_{k+1}^{-1}(1-\alpha), \dots, \\ \Phi_l^{-1}(1-\alpha)) - e \end{matrix} \right\}^2 d\alpha \qquad (۱۱)$$

که در آن e ارزش انتظاری مبتنی بر تئوری عدم حتمیت است. این در حالی است که واریانس چنین متغیری بر اساس تئوری حتمال به شرح زیر خواهد بود.

$$V[\xi] = \int_0^1 \int_0^1 \left\{ f\left(\begin{matrix} \Phi_1^{-1}(\alpha), \Phi_2^{-1}(\alpha), \dots, \\ \Phi_k^{-1}(\alpha), \Phi_{k+1}^{-1}(1-\alpha) \\ , \dots, \Phi_l^{-1}(1-\alpha) \end{matrix} \right) - e \right\}^2 d\alpha d\alpha \qquad (۱۲)$$

به‌عنوان نمونه، واریانس درآمد براساس تئوری عدم حتمیت و احتمال به‌ترتیب در قالب رابطه (۱۳) و (۱۴) قابل محاسبه است.

$$V[R] = \int_0^1 \{\Phi_p^{-1}(\alpha).\Phi_y^{-1}(\alpha) - E(R)\}^2 d\alpha \qquad (۱۳)$$

$$V[R] = \int_0^1 \int_0^1 \{\Phi_p^{-1}(\alpha).\Phi_y^{-1}(\alpha) - E(R)\}^2 d\alpha d\alpha \qquad (۱۴)$$

که در آنها، $E(R)$ درآمد انتظاری برای هر محصول است.

1- Inverse uncertainty distribution

۲- برای مشاهده شرط استقلال در تئوری عدم حتمیت می‌توان به (۱۶) مراجعه نمود.

در این مطالعه معیار مهم دیگر برای سنجش عدم حتمیت، TVaR می‌باشد. در ابتدا لازم به توضیح است که شاخص ارزش در معرض خطر[۱] VaR به‌عنوان یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری پراکندگی مطرح شده است. شاخص n دوره‌ای VaR در یک پرتفوی نشان می‌دهد که در n دوره آینده با احتمال α درصد، زیان پرتفوی از میزان VaR بیشتر نخواهد گشت. شاخص VaR علی‌رغم توانایی هایی که دارد، دارای نواقصی است. برای مثال این شاخص نمی‌تواند زیان‌های فراتر از VaR را محاسبه نماید. جهت حل این مشکلات آرتزنر و همکاران (۴) معیار TVaR را برای یک متغیر تصادفی پیشنهاد نموده‌اند. اما در مفهوم تئوری عدم حتمیت، پنگ (۲۱) برای متغیرهای توأم با عدم حتمیت (برای مثال ξ) و نهایتاً برای تابع $f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l)$، شاخص VaR را به‌صورت رابطه (۱۵) تعریف نموده است:

$$VaR(\alpha) = sup\{r \mid \mathcal{M}\{f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l) \geq r\} \geq \alpha\} \quad (۱۵)$$

که می‌توان با توجه به توزیع عدم حتمیت معکوس متغیرهای غیرحتمی $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_l$ (برای اختصار با فرض افزایشی بودن تابع f نسبت به متغیرها)، $VaR(\alpha)$ را در قالب رابطه (۱۶) بیان نمود:

$$VaR(\alpha) = f(\Phi_1^{-1}(1-\alpha), \Phi_2^{-1}(1-\alpha), \dots, \Phi_l^{-1}(1-\alpha)) \quad (۱۶)$$

با توجه به نقص از پیش گفته برای VaR، پنگ (۲۱) شاخص TVaR را برای متغیر غیرحتمی به‌شرح رابطه (۱۷) معرفی نموده است.

$$TVaR(\alpha) = \frac{1}{1-\alpha}\int_\alpha^1 VaR(\beta)d\beta \quad (۱۷)$$

نحوه محاسبه شاخص TVaR در تئوری عدم حتمیت همانند محاسبه ارزش انتظاری و واریانس تنها زمانی مجزا از محاسبات مبتنی بر تئوری احتمال است که بیش از یک متغیر غیرحتمی موجود باشد و این تمایز با افزایش متغیرهای ضربی شدت می‌یابد. مقدار $TVaR(\alpha)$ برای درآمد مبتنی بر قواعد تئوری عدم حتمیت و با توجه به مستقل بودن p و y به‌صورت رابطه (۱۸) خواهد بود.

$$TVaR(\alpha) = \frac{1}{1-\alpha}\int_\alpha^1 \Phi_y^{-1}(1-\beta)\Phi_p^{-1}(1-\beta)d\beta \quad (۱۸)$$

اما در تئوری احتمال، با فرض مستقل بودن p و y، داریم:

$$TVaR(\alpha) = \left(\frac{1}{1-\alpha}\right)^2 \cdot \int_\alpha^1 \Phi_y^{-1}(1-\beta)d\beta \cdot \int_\alpha^1 \Phi_p^{-1}(1-\beta)d\beta \quad (۱۹)$$

با استفاده از روابط فوق، در هر یک از اشکال توزیع عدم حتمیت قیمت و بارندگی (عملکرد)، میزان TVaR درآمد هر محصول قابل محاسبه است.

یکی از عناصر مهم در محاسبه گشتاورهای ریاضی بر مبنای روابط پیشین، شکل توزیع عدم حتمیت می‌باشد. شایان ذکر است از جمله فرم‌های تبعی که تا به‌حال برای توزیع عدم حتمیت مدنظر قرار گرفته شده است شامل توزیع عدم حتمیت خطی، زیگ‌زاگ[۲]، نرمال و لاگ نرمال[۳] می‌باشد[۴] (۱۸). هر یک از این فرم‌ها مبتنی بر پارامترهایی می‌باشند. به‌عنوان مثال برای ساختن توزیع نرمال، بایستی دو پارامتر میانگین و واریانس تعیین شود. برای محاسبه این پارامترها روش‌های مختلفی وجود دارد که در مطالعه حاضر پس از جمع‌آوری اطلاعات باورهای ذهنی کشاورزان، از روش حداقل مربعات[۵] پیشنهاد شده توسط لیو (۱۸) استفاده شده است. اصل حداقل مربعات پیشنهادی، مبتنی بر حداقل‌سازی مجموع مربعات اختلاف بین داده‌های تجربی (پرسشگری شده) و توزیع عدم‌حتمیت برآوردی است[۶]. لازم به توضیح است که پس از تخمین این مرحله، از شاخص RMSE[۷] برای انتخاب فرم برتر توزیع عدم حتمیت مورد استفاده قرار گرفته شد.

همچنین این نکته لازم به توضیح است که به‌هنگام پرسشگری از m شخص، می‌توان برای هر یک از آنان توزیع عدم حتمیتی به صورت Φ_m استخراج نمود که بایستی بر اساس تمامی آنها، توزیع عدم حتمیت جامع محاسبه شود. در این راستا با اینکه لیو روش میانگین حسابی را پیشنهاد داده است ولی در مطالعه حاضر از روش حسامیان و همکاران (۱۰) بهره گرفته شد[۸].

در مرحله بعد با محاسبه پارامترهای توزیع عدم حتمیت، به عنوان نمونه برای قیمت محصول می‌توان توزیع عدم حتمیت خطی معکوس، نرمال معکوس، لاگ‌نرمال معکوس و زیگ‌زاگ معکوس را محاسبه نمود[۹] (۱۸).

در این مطالعه فرض بر این بوده که عدم حتمیت عملکرد محصولات ناشی از عدم حتمیت بارندگی می‌باشد لذا در مطالعه حاضر ابتدا توزیع عدم حتمیت بارش باران در فصل زراعی محاسبه و سپس با توجه به تابع واکنش عملکرد محصول نسبت به بارندگی، توزیع عدم حتمیت عملکرد محصول با توجه به قوانین عملیاتی در تئوری

1- Value at Risk (VaR)

2- Zigzag

3- Lognormal

۴- برای مشاهده فرم‌ها به مقاله لیو (۱۸) مراجعه شود. برای تلخیص از ذکر آن امتناع شده است.

۵- Least square

۶- برای توضیحات بیشتر به مقاله مرجع مراجعه شود..

۷- Root Mean Square Error

۸- برای توضیحات بیشتر به مقاله مرجع مراجعه شود.

۹- به جهت اختصار از آوردن توابع توزیع عدم حتمیت امتناع شده است. جهت مشاهده این توابع به لیو (۱۸) مراجعه شود.

عدم حتمیت تعیین گشت. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه واقع در حومه ایستگاه هواشناسی دشت ناز ساری است، لذا برای برآورد دقیق‌تر تابع واکنش عملکرد، از اطلاعات عملکرد شهرستان ساری و داده‌های بارندگی ایستگاه دشت ناز استفاده شده است. نظر به اینکه ایستگاه سینوپتیک دشت ناز از سال ۱۳۸۰ شروع به کار کرده است لذا به دلیل کمبود داده‌ها، امکان برآورد تابع واکنش هر محصول به‌صورت جداگانه نبوده است. به همین دلیل از روش داده‌های پنلی بهره گرفته شد به‌گونه‌ای که در آن، مقاطع شامل محصولات و سری زمانی شامل سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۰ بوده است. محصولات مدنظر در این مطالعه آبی بوده و مشتمل بر برنج شیرودی، برنج طارم، گوجه فرنگی و هندوانه می‌باشد.

به‌منظور برآورد اثر بارندگی بر عملکرد محصولات ابتدا فرض شد که تنها عامل غیرقطعی اثرگذار بر عملکرد محصول، بارندگی باشد که اثر آن در جمله اخلال (u_{it}) رابطه (۲۰) نهفته است.

$$lny_{it} = \gamma_{0i} + \gamma_1 irr_{it} + \gamma_2 irr_{it}^2 + \gamma_3 fe_{it} + \gamma_4 rday_{it} + u_{it} \quad (۲۰)$$

که در آن lny_{it} لگاریتم عملکرد محصول iام در زمان tام، irr و irr^2 نیز به ترتیب معرف آبیاری به همراه توان دوم آن است. همچنین fe_{it} نشانگر نهاده کود به عنوان نماینده نهاده‌های مدیریتی و $rday_{it}$ شاخص توزیع بارندگی در فصل زراعی محصول است که از تقسیم روزهای بارندگی بر کل روزهای رشد گیاه محاسبه شده است. پس از محاسبه u_{it}، رابطه (۲۱) به‌منظور محاسبه اثر بارندگی بر عملکرد برآورد شد.

$$u_{it} = \vartheta_{0i} + \vartheta_{1i} rain_{it} + \vartheta_{2i} rain_{it}^2 \quad (۲۱)$$

که در آن $rain_{it}$ و $rain_{it}^2$ به ترتیب معرف بارندگی و توان دوم آن در دوره کشت محصول iام در سال tام است. پس از محاسبه ϑ_{1i} و ϑ_{2i} از رابطه (۲۱)، یک رابطه ریاضی در قالب معادله (۲۲) مدنظر قرار گرفت.

$$lny_i = \beta_{0i} + \beta_{1i} rain_i + \beta_{2i} rain_i^2 \quad (۲۲)$$

در رابطه (۲۲)، β_{1i} و β_{2i} همان شیب‌های محاسبه شده در رابطه (۲۱) بوده و β_{0i} با استفاده از مقادیر میانگین عملکرد هر محصول و بارندگی در فصل رشد آن در سال‌های مورد بررسی محاسبه گشت.

براساس روابط محاسبه شده فوق‌الذکر، با محاسبه β_0، β_1 و β_2 برای هر محصول، می‌توان برمبنای قوانین عملیاتی در تئوری عدم حتمیت، توزیع عدم حتمیت معکوس عملکرد ($\Phi_y^{-1}(\alpha)$) را از طریق پارامترهای فوق و توزیع عدم حتمیت بارندگی ($\Phi_r^{-1}(\alpha)$) در قالب رابطه (۲۳) محاسبه نمود.[۱]

$$\Phi_y^{-1}(\alpha) = exp\left\{\beta_0 + \beta_1\left(\Phi_r^{-1}(\alpha)\right) + \beta_2\left(\Phi_r^{-1}(\alpha)\right)^2\right\} \quad (۲۲)$$

منطقه مورد مطالعه تحقیق، بخش گهرباران ساری بوده است که برای جمع‌آوری درجه باور کشاورزان در مورد قیمت محصولات و بارندگی برای فصل کشت ۱۳۹۷-۱۳۹۶ انتخاب شده است. روش نمونه‌گیری کاملا تصادفی بوده و حجم نمونه‌های مورد نیاز برای هر روستا و با استفاده از فرمول کوکران (۷) در قالب رابطه (۲۴) تعیین گردید.

$$n = \frac{N\, s^2}{(N-1)D + s^2} \quad (۲۴)$$

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (۲۵)$$

که در آن n تعداد پرسشنامه‌های مورد نیاز در هر روستا، N تعداد بهره‌برداران زراعی هر روستا، s^2 واریانس زمین در اختیار کشاورزان و D ضریب خطای تخمین می‌باشد که از رابطه (۲۵) به‌دست می‌آید. B نیز معرف خطای اندازه‌گیری بوده و ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

در مطالعه حاضر به‌منظور استخراج قضاوت‌های ذهنی کشاورزان، بنابر پیشنهاد لیو از روش cdf[۲] استفاده شده است.

با توجه به پرسشگری‌های انجام شده، عمده محصولات بهاره این منطقه شامل برنج طارم هاشمی، برنج شیرودی، هندوانه و گوجه فرنگی است که در این مطالعه به آنها پرداخته می‌شود. سایر اطلاعات مورد نیاز شامل کود مصرفی در هر هکتار از محصولات طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۰ از جهاد کشاورزی استان مازندران و اطلاعات بارندگی مربوط به سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۰ از سازمان هواشناسی استان مازندران جمع‌آوری گشت. برای محاسبه نیاز آبی خالص در هر سال نیز به دلیل عدم وجود داده‌های مربوطه، نرم‌افزار Cropwat مورد استفاده قرار گرفت و با استفاده از راندمان آبیاری هر یک از محصولات در منطقه مورد مطالعه، نیاز ناخالص آبیاری نیز محاسبه شد. در نهایت به منظور برآورد تابع واکنش عملکرد از نرم افزار Eviews و برای محاسبه توابع توزیع عدم حتمیت، درآمد انتظاری، واریانس و معیار TVaR از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

همچنین لازم به ذکر است به‌دلیل پیچیدگی برخی روابط از روش‌های عددی انتگرال‌گیری نظیر کوادراتور لوباتو[۳] و گوس-

---

۱- البته این رابطه همواره برقرار نیست. بر اساس قوانین عملیاتی، رابطه مدنظر تنها زمانی صادق است که اولا $rain$ و $rain^2$ از یکدیگر مستقل باشند و ثانیا β_1 و β_2 مثبت باشند. در این حالت خاص که دو متغیر به هم کاملاً وابسته هستند رابطه فوق تنها زمانی حاکم است که β_1 و β_2 مثبت باشند. در صورتی که هر یک از پارامترهای مذکور منفی باشد، بایستی نقطه بحرانی تابع یعنی اکسترمم آنرا محاسبه نمود و با توجه به قوانین عملیاتی عمل نمود.

2- Cumulative distribution function (cdf)

3- Lobatto quadrature

کرونرود[1] بهره گرفته شد (۱۸).

نتایج و بحث

پس از جمع‌آوری درجه باور ۱۲۰ کشاورز در منطقه مورد مطالعه، ابتدا به‌منظور استخراج توابع توزیع عدم حتمیت جامع برای قیمت هر یک از محصولات و بارندگی در فصل زراعی، با توجه به روش ارائه شده در بخش پیشین، قضاوت‌های ذهنی در مورد قیمت هر محصول و همچنین بارندگی به سه گروه تقسیم شد. بعد از گروه‌بندی درجه باور، توزیع درجه باور تجربی برای هر گروه از طریق میانگین اظهارات افراد آن گروه محاسبه و به‌منظور محاسبه پارامترهای توابع توزیع عدم حتمیت خطی، زیگزاگ، نرمال و لاگ‌نرمال مورد استفاده قرار گرفت.

در ادامه، از میان فرم‌های توزیع عدم حتمیت، توابع مختلف به لحاظ شاخص RMSE مورد مقایسه قرار گرفت و برای قیمت هر یک از محصولات و همچنین بارندگی، بهترین فرم توزیع عدم حتمیت انتخاب شد. لازم به توضیح است که پس از محاسبه توابع توزیع عدم حتمیت، با توجه به انحراف معیار هر گروه درجه باور، گروه‌ها مبتنی بر انحراف بالا، متوسط و پایین مرتب شده و به‌ترتیب با نام‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. در جدول (۱) میزان RMSE محاسبه شده برای هر یک از توابع توزیع عدم حتمیت برای قیمت محصولات و بارندگی به تفکیک گروه درجه باور ارائه شده است. به عنوان مثال بر اساس شاخص RMSE در گروه درجه باور ۱، فرم توزیع عدم حتمیت قیمت برنج شیرودی، برنج طارم، گوجه‌فرنگی و هندوانه به‌ترتیب زیگزاگ، زیگزاگ، لاگ‌نرمال و لاگ‌نرمال درنظر گرفته شد. همانگونه که در جدول ۱ نیز قابل مشاهده است برای قیمت اکثر محصولات و همچنین بارندگی در گروه درجات باور مختلف، فرم زیگزاگ به‌عنوان فرم برتر انتخاب شده است. دلیل این نتیجه می‌تواند نزدیک بودن این فرم به فرم تجربی ذهنیات کشاورزان باشد.

در ادامه، با توجه به توزیع مناسب برای قیمت و بارندگی، درآمد غیرحتمی کمی‌سازی شده است. حالت‌های تقاطعی مناسب برای محاسبه درآمد انتظاری محصولات در قالب جدول ۲ ارائه شده است. در این جدول حالت‌های منتخب برای محاسبه درآمد انتظاری، واریانس و TVaR برای گروه‌های درجه باور ۱، ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

پس از محاسبه توزیع عدم حتمیت قیمت محصولات و بارندگی، برای محاسبه درآمد و در نتیجه سود محصولات در شرایط غیرحتمی، بایستی تابع توزیع عملکرد محصولات با توجه به توزیع بارندگی مورد برآورد قرار می‌گرفت. به این منظور برای محاسبه یک رابطه بین بارش باران و عملکرد محصول، از روش داده‌های پنلی استفاده شده است. لازم به ذکر است متغیرها مورد آزمون مانایی لوین، لین و چو نیز قرار گرفته که نتایج حاکی از مانایی متغیرها در سطح بوده است. همچنین آزمون‌های مورد بررسی، استفاده از روش برآورد مدل رگرسیونی به روش اثرات ثابت را تأیید نموده است. از آنجاکه در مطالعه حاضر بر عدم حتمیت بارندگی تأکید شده است و سایر عوامل مؤثر بر عملکرد قطعی درنظرگرفته شده‌اند لذا، رابطه غیرخطی عملکرد نسبت به بارندگی منطبق با روش ارائه شده، به شرح جدول ۳ ارائه شده است.

به این ترتیب با داشتن رابطه ریاضی بین عملکرد و بارندگی، می‌توان با توجه به قوانین عملیاتی در تئوری عدم حتمیت، توزیع عدم حتمیت عملکرد هر محصول را از طریق توزیع عدم حتمیت بارندگی در دوره رشد آن محاسبه نمود. با داشتن توابع توزیع عدم حتمیت و در نتیجه توابع توزیع عدم حتمیت معکوس قیمت و عملکرد محصولات، میزان درآمد انتظاری، انحراف معیار (جذر واریانس) و TVaR درآمد برای هر هکتار از محصولات در شرایط استفاده از تئوری عدم حتمیت و همچنین تئوری احتمال محاسبه شده است.

در جدول (۴) درآمد انتظاری هر هکتار از محصولات مورد بررسی مبتنی بر تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال قابل مشاهده است. همانگونه که قابل ملاحظه است، در اکثر گروه‌های درجه باور، بیشترین درآمد انتظاری به‌ترتیب مربوط به برنج شیرودی، برنج طارم، هندوانه و گوجه فرنگی بوده است که این نتیجه هم در تئوری عدم حتمیت و هم تئوری احتمال صادق است. بالا بودن درآمد انتظاری محصولاتی همچون برنج شیرودی و برنج طارم می‌تواند ناشی از قیمت بالای آنها نسبت به دو محصول دیگر باشد. در مقابل، هندوانه و گوجه‌فرنگی، علی‌رغم عملکرد بالا، قیمت بسیار پایینی داشته که منجر به درآمد انتظاری پایین‌تری برای آنها شده است. اما نتیجه قابل توجه این بوده که درآمد انتظاری محاسبه شده بر اساس دو تئوری مذکور اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند. البته این نتیجه حاکی از عدم لزوم به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت در کمی‌سازی درجه باور نیست بلکه در این حالت خاص که متغیر غیرحتمی درآمد از ضرب تنها دو متغیر غیرحتمی دیگر (قیمت و عملکرد) محاسبه شده است چنین نتیجه‌ای حاصل شده است. به‌عبارتی به‌عنوان یک نتیجه از محاسبه درآمد انتظاری مبتنی بر دو تئوری مذکور می‌توان گفت هر چه تعداد متغیرهای ضربی افزایش یابد، لزوم استفاده از تئوری عدم حتمیت نیز نمایان‌تر می‌شود. این مسئله در گشتاورهای ریاضی بالاتر همچون واریانس می‌تواند مورد تأیید قرار گیرد که در ادامه به آن اشاره شده است.

1- Kronrod

جدول ۱- شاخص RMSE و نتایج انتخاب فرم برتر توزیع عدم حتمیت برای قیمت محصولات و بارندگی

Table 1- RMSE index and results of the selection of the best form for uncertainty distribution for crop prices and rainfall

	گروه درجه باور Belief degree groups	خطی Linear	زیگزاگ Zigzag	نرمال Normal	لاگ‌نرمال Lognormal	فرم برتر The best form
برنج شیرودی Rice cv. 'Shirudi'	1	0.0333	0.0245	0.0463	0.049	زیگزاگ Zigzag
	2	0.0242	0.0171	0.0279	0.0286	زیگزاگ Zigzag
	3	0.0709	0.0428	0.0499	0.0505	زیگزاگ Zigzag
برنج طارم Rice cv. 'Tarom'	1	0.0627	0.0168	0.0438	0.0487	زیگزاگ Zigzag
	2	0.0225	0.0223	0.0426	0.0429	زیگزاگ Zigzag
	3	0.0197	0.0201	0.0232	0.0246	خطی Linear
گوجه‌فرنگی Tomato	1	0.094	0.0803	0.0593	0.0587	لاگ‌نرمال Lognormal
	2	0.0256	0.0243	0.0086	0.0086	نرمال Normal
	3	0.0169	0.0135	0.0092	0.0063	لاگ‌نرمال Lognormal
هندوانه Watermelon	1	0.0255	0.0099	0.0221	0.0091	لاگ‌نرمال Lognormal
	2	0.0277	0.0117	0.0267	0.0374	زیگزاگ Zigzag
	3	0.0134	0.0069	0.0207	0.016	زیگزاگ Zigzag
بارندگی Rainfall	1	0.0091	0.0048	0.0072	0.006	زیگزاگ Zigzag
	2	0.0418	0.0334	0.0234	0.0204	لاگ‌نرمال Lognormal
	3	0.0542	0.0389	0.0431	0.0448	زیگزاگ Zigzag

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

جدول ۲- انتخاب اشکال مناسب برای محاسبه درآمد انتظاری، واریانس و TVaR

Table 2- Selection of appropriate forms for calculating expected revenue, variance and TVaR

محصول	گروه درجه باور Belief degree groups 1	2	3
برنج شیرودی Rice cv. 'Shirudi'	زیگزاگ-زیگزاگ* Zigzag– Zigzag	زیگزاگ-لاگ‌نرمال Zigzag-Lognormal	زیگزاگ-زیگزاگ Zigzag–Zigzag
برنج طارم Rice cv. 'Tarom'	زیگزاگ-زیگزاگ Zigzag–Zigzag	زیگزاگ-لاگ‌نرمال Zigzag-Lognormal	خطی-زیگزاگ Linear–Zigzag
گوجه‌فرنگی Tomato	لاگ‌نرمال-زیگزاگ Lognormal-Zigzag	نرمال-لاگ‌نرمال Normal-Lognormal	لاگ‌نرمال-زیگزاگ Lognormal-Zigzag
هندوانه Watermelon	لاگ‌نرمال-زیگزاگ Lognormal-Zigzag	زیگزاگ-لاگ‌نرمال Zigzag-Lognormal	زیگزاگ-زیگزاگ Zigzag–Zigzag

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

* در عنوان فارسی، فرم راست مربوط به قیمت و فرم چپ مربوط به بارندگی است. در عنوان انگلیسی، فرم چپ مربوط به قیمت و فرم راست مربوط به بارندگی است.

*In Persian title, the right form is related to the price and the left form is to the rainfall. In the English title, the left form is related to price and the right form is to rainfall.

جدول ۳- نتایج برآورد ضرایب رابطه بین عملکرد محصولات و بارندگی

Table 3- Results of estimating the coefficients of relationship between crop yield and rainfall

	برنج شیرودی **Rice cv. 'Shirudi'**	برنج طارم **Rice cv. 'Tarom'**	هندوانه **Tomato**	گوجه‌فرنگی **Watermelon**
β_0	8.058	7.469	8.937	8.462
β_1	0.01851***	0.01827***	0.02821***	0.03748***
β_2	-0.0001***	-0.000092***	-0.00015***	-0.00018***
	$R^2=0.98$		Durbin-Watson stat =2.05	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

*** و * به‌ترتیب نمایانگر معنی‌داری ضرایب در سطح اطمینان ۹۹ درصد و ۹۰ است.

*** and * represent significant coefficients at 99% and 90% confidence levels, respectively.

جدول ٤- مقایسه درآمد انتظاری هر هکتار از محصولات مبتنی بر قوانین عملیاتی در تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال (واحد: ۱۰ میلیون ریال)

Table 4- Comparison of expected revenue per hectare of crops based on operational law in uncertainty theory and probability theory (Unit: 10 Million Rials)

گروه درجه باور **Belief degree groups**	تئوری عدم حتمیت **Uncertainty theory**			تئوری احتمال **Probability theory**		
	1	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
برنج شیرودی Rice cv. 'Shirudi'	16.509	17.976	21.948	16.486	17.906	21.888
برنج طارم Rice cv. 'Tarom'	16.974	17.600	19.809	16.955	17.562	19.752
گوجه‌فرنگی Tomato	10.087	10.453	15.997	10.031	10.269	15.804
هندوانه Watermelon	9.907	11.106	16.592	9.804	10.940	16.432

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

در مطالعه حاضر، پس از محاسبه واریانس درآمد هر هکتار از محصولات، به‌منظور تفسیر مناسب، انحراف معیار درآمد در گروه‌های درجه باور مختلف محاسبه و در جدول ۵ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، همچنان که انحراف معیار در گروه‌های مختلف درجه باور متفاوت است، تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال نیز موجب اختلاف محسوسی در انحراف معیارها شده است. بر اساس نتایج برمبنای تئوری عدم حتمیت، میزان انحراف درآمد به عنوان مثال برای هر هکتار برنج شیرودی در گروه درجه باور ۱، حدود ۱/۶۲۴ میلیون تومان محاسبه شده است که در کنار درآمد انتظاری محاسبه شده (در جدول ۴) می‌توان گفت کشاورزان این گروه از درجه باور، انتظار درآمد ۱۶/۵۰۹ میلیون تومانی را برای هر هکتار برنج شیرودی دارند که میزان نوسان از این درآمد را در یک شرایط غیرحتمی مبتنی بر تئوری عدم حتمیت، حدود ۱/۶۲۴ میلیون تومان پیش‌بینی می‌نمایند. اما بر اساس تئوری احتمال، انتظار درآمد ۱۶/۴۸۶ میلیون تومانی را برای هر هکتار از برنج شیرودی داشته که میزان انحراف از این درآمد حدود ۱/۱۱۲ میلیون تومان محاسبه شده است. لذا می‌توان گفت استفاده از تئوری احتمال به‌جای تئوری عدم حتمیت در محاسبه انحراف معیار درآمد هر هکتار از محصول برنج شیرودی در گروه درجه باور ۱، منجر به کمتر محاسبه نمودن آن در حدود ۳۱/۵ درصد می‌شود. به عبارتی، تئوری احتمال در این شرایط، عدم حتمیت را ۳۱/۵ درصد کمتر محاسبه کرده و می‌تواند بر پیش بینی و تصمیم‌گیری کشاورزان اثر محسوسی داشته باشد. چرا که وی اگر مبتنی بر تئوری احتمال تصمیم‌گیری نماید ازآنجا که برای وی عدم حتمیت کمتری پیش‌بینی شده است، در واقعیت که مبتنی بر تئوری عدم حتمیت است، با عدم حتمیت بالایی مواجه می‌شود که در این حالت امکان افزایش زیان غیرمنتظره برای وی وجود خواهد داشت. برای سایر گروه‌های درجه باور و سایر محصولات نیز درصد کاهش انحراف معیار در تئوری احتمال نسبت به تئوری عدم حتمیت، بیش از ۳۰ درصد بوده که تأییدی بر لزوم استفاده از تئوری عدم حتمیت در محاسبه واریانس به‌عنوان سنجه عدم حتمیت درآمد می‌باشد.

با توجه به نتایج محاسبه انحراف معیار هم مبتنی بر تئوری عدم

حتمیت و هم در تئوری احتمال، هندوانه، گوجه‌فرنگی، برنج شیرودی و برنج طارم به ترتیب بیشترین عدم حتمیت را در درآمد در غالب گروه‌های درجه باور به خود اختصاص داده‌اند. عدم حتمیت پایین‌تر برای محصول برنج طارم می‌تواند ناشی از خودمصرفی و مصرف بومی این محصول و در نتیجه اطمینان نسبی از قیمت این محصول باشد. اما عدم حتمیت بالاتر برای محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی و هندوانه می‌تواند به‌دلیل نوسان قیمت‌های شدید این محصولات به هنگام برداشت محصول که احتمالاً ناشی از نامناسب بودن فصل کشت در این منطقه، فسادپذیری بالا، عدم وجود صنایع تبدیلی مناسب و همچنین پایین بودن کیفیت محصول در نتیجه برخی آفات و شرایط آب و هوایی باشد، حاصل شده باشد. اما از دلایل کشت این محصولات می‌توان به این نکته اشاره نمود که غالبا این محصولات در زمین‌های باغی کشت شده و به‌دلیل عدم امکان اختصاص زمین های باغی به کشت محصولاتی نظیر انواع برنج، برخی کشاورزان همچنان بر کشت چنین محصولات پرنوسانی پافشاری دارند.

جدول ۵- مقایسه انحراف‌معیار درآمد هر هکتار از محصولات مبتنی بر قوانین عملیاتی در تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال (واحد: ۱۰ میلیون ریال)

Table 5- Comparison of standard deviation of income per hectare of crops based on operational law in uncertainty theory and probability theory (Unit: 10 Million Rials)

گروه درجه باور Belief degree groups	تئوری عدم حتمیت Uncertainty theory			تئوری احتمال Probability theory		
	1	2	3	1	2	3
برنج شیرودی Rice cv. 'Shirudi'	1.624	2.359	2.458	1.112	1.554	1.643
برنج طارم Rice cv. 'Tarom'	1.245	1.673	2.230	0.838	1.092	1.490
گوجه‌فرنگی Tomato	1.931	2.844	3.873	1.291	2.023	2.578
هندوانه Watermelon	3.989	3.034	3.735	2.725	2.032	2.528

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

جدول ٦- مقایسه TVaR درآمد هر هکتار از محصولات مبتنی بر قوانین عملیاتی در تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال (واحد: ۱۰ میلیون ریال)

Table 6- Comparison of TVaR of income per hectare of crops based on operational law in uncertainty theory and probability theory (Unit: 10 Million Rials)

گروه درجه باور Belief degree groups	تئوری عدم حتمیت Uncertainty theory			تئوری احتمال Probability theory		
	1	2	3	1	2	3
برنج شیرودی Rice cv. 'Shirudi'	13.434	13.633	17.300	13.434	13.631	17.299
برنج طارم Rice cv. 'Tarom'	14.738	14.540	17.470	14.738	14.539	16.035
گوجه‌فرنگی Tomato	6.720	5.204	9.208	6.719	5.163	9.204
هندوانه Watermelon	4.227	5.667	11.019	4.226	5.662	11.018

مأخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

معیار مهم دیگری که در این مطالعه برای سنجش عدم حتمیت درآمد محصولات مورد استفاده قرار گرفته است معیار TVaR بوده که نتایج آن براساس تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال در جدول ۶ ارائه شده است. در محاسبه این معیار، سطح شانس ۹۵ درصد مدنظر

قرار گرفته است. به‌عنوان نمونه در تشریح این شاخص می‌توان گفت بر اساس تئوری عدم حتمیت برای محصول برنج طارم در گروه درجه باور ۱، درآمد هر هکتار از ۱۴/۷۳۸ میلیون تومان کمتر نخواهد شد (چون درآمد است به‌این صورت تفسیر می‌شود در حالی‌که اگر زیان بود، تفسیر مطابق تعریف، برعکس می‌شود). این شاخص برای هر محصول در گروه‌های مختلف درجه باور متفاوت است اما همانگونه که مشاهده می‌شود، همچون نتایج درآمد انتظاری، استفاده از تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت تفاوت محسوسی را در میزان شاخص TVaR ایجاد ننموده است که البته دلیل اصلی آن، وجود دو متغیر ضربی (قیمت و عملکرد) بوده است و با افزایش متغیرهای غیرحتمی ضربی، مقدار این شاخص تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. بر مبنای این شاخص در اکثر گروه‌ها، هندوانه، گوجه‌فرنگی، برنج شیرودی و برنج طارم، با بیشترین عدم حتمیت درآمد مواجه بوده‌اند که نتیجه تقریبا مشابهی با نتایج محاسبه انحراف معیار می‌باشد.

به طور کلی بر مبنای نتایج، گشتاورهای ریاضی محاسبه شده برای درآمد محصولات مبتنی بر تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت به لحاظ مقداری تفاوت دارند. این نتیجه با نتیجه مطالعه هوانگ (۱۳) همخوانی دارد. این تفاوت در گشتاور واریانس (انحراف معیار) بیشتر نمایان شده است. چنین تفاوت کمی، در انتخاب سطح کشت مناسب برای محصولات اثرگذار خواهد بود و بدون توجه به نحوه کمی‌سازی درجه باور، ممکن است الگوی کشت نامناسبی انتخاب شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از تحقیق حاضر، مقایسه به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت و تئوری احتمال در محاسبه سنجه‌های عدم حتمیت درآمد محصولات زراعی عمده منطقه گهرباران ساری بوده است. برمبنای نتایج تحقیق، میزان شاخص‌های درآمد انتظاری، معیار واریانس (انحراف معیار) و معیار TVaR برای درآمد هر هکتار از محصولات در قالب تئوری عدم حتمیت و همچنین تئوری احتمال در گروه‌های مختلف درجه باور متفاوت بوده است که ناشی از تفاوت در پارامترهای توزیع عدم حتمیت و یا همان تفاوت ذهنیات کشاورزان می‌باشد. به‌لحاظ درآمد انتظاری، هم در تئوری عدم حتمیت و هم براساس نتایج تئوری احتمال، محصولات برنج شیرودی، برنج طارم، هندوانه و گوجه‌فرنگی در اکثر گروه‌ها به‌ترتیب بیشترین درآمد را داشته‌اند اما در مقایسه درآمد انتظاری حاصل از به‌کارگیری تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت، نتیجه حاکی از اختلاف ناچیز در نتایج بوده است. به‌عبارتی در شرایط محاسبه درآمد غیرحتمی مبتنی بر ضرب دو متغیر قیمت و عملکرد غیرحتمی، نتایج مؤید شباهت تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت بوده است که البته نمی‌تواند نقضی برای تئوری عدم حتمیت باشد. چرا که با افزایش متغیرهای ضربی، این نتیجه پابرجا نخواهد ماند. البته حتی بدون افزایش متغیرهای ضربی، صرفا در حالت محاسبه گشتاورهای بالاتر ریاضی مانند واریانس نیز می‌توان به لزوم به‌کارگیری تئوری عدم حتمیت در مدل‌سازی درجه باور پی برد. بر اساس نتایج این تحقیق در تمامی گروه‌های درجه باور برای همه محصولات، تئوری احتمال نسبت به تئوری عدم حتمیت میزان انحراف معیار (جذر واریانس) درآمد محصولات را بیش از ۳۰ درصد کمتر محاسبه نموده است که نتیجه قابل توجهی است. به‌عبارتی به کارگیری تئوری احتمال در مدل‌سازی درجه باور منجر به نتایج اشتباه و گمراه‌کننده‌ای خواهد شد. در زمینه سنجه TVaR نیز نتایج مشابهی مانند درآمد انتظاری حاصل شده است. به عبارت دیگر، در شرایط متغیر ضربی دوتایی، استفاده از تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت در محاسبه میزان TVaR نتایج متضادی حاصل نمی‌کند. به‌طوری کلی مطابق با نتایج، در شرایط وجود متغیر غیرحتمی ضربی دوتایی، با اینکه ممکن است به لحاظ درآمد انتظاری و سنجه TVaR اختلاف محسوسی وجود نداشته باشد ولی به لحاظ انحراف معیار تفاوت بالایی وجود دارد.

بر اساس نتایج تحقیق، تقریباً در هر دو سنجه عدم حتمیت مورد بررسی، محصولات هندوانه، گوجه‌فرنگی، برنج شیرودی و برنج طارم به‌ترتیب بیشترین عدم حتمیت درآمد را به خود اختصاص داده‌اند. از دلایل عدم حتمیت بالای محصولاتی نظیر هندوانه و گوجه‌فرنگی در منطقه مورد بررسی می‌تواند تاریخ کشت نامناسب باشد که هم در قیمت و هم در عملکرد آنها موثر است. لذا، بهتر است استفاده از ارقامی که قابلیت ارائه به‌موقع به بازار را دارند ترویج شود. همچنین فسادپذیری بالای این محصولات نیز بی‌تأثیر نیست. لذا برای مقابله با عدم حتمیت‌هایی که ناشی از این عامل است، توسعه صنایع تبدیلی و فرآوری و همچنین تجهیزات مناسب انبارداری پیشنهاد می‌شود. در مقابل، محاسبه عدم حتمیت پایین‌تر برای درآمد هر هکتار از محصولات برنج شیرودی و برنج طارم می‌تواند ناشی از خودمصرفی، انبارمانی بالا، مناسب بودن برخی مزارع منطقه برای کشت این محصولات، استفاده از توصیه‌های مروجین در اجرای مراحل کشت تا برداشت و مواردی از این قبیل باشد. لذا برای حمایت بیشتر از کشت این محصولات و مقابله با عدم حتمیت نسبی آنها نسبت به سایر محصولات، پیشنهاد می‌شود آموزش‌های لازم در زمینه استفاده از نهاده‌های مناسب همچون بذرهای اصلاح شده، کودها و سموم شیمیایی و روش‌های کاشت تا برداشت افزایش یابد. همچنین حمایت‌هایی همچون وضع قیمت تضمینی مناسب، تسهیلاتی همچون یارانه نهاده‌های ضروری، کاهش واردات برنج، بورس کالای کشاورزی، توسعه بیمه‌هایی همچون بیمه آب و هوا و بیمه قیمتی و ... می‌تواند مفید واقع شود.

در تصمیم‌گیری به‌هنگام عدم حتمیت، همواره در کنار ارزش انتظاری، یک سنجه عدم حتمیت هم مورد استفاده قرار می‌گیرد که

بر اساس نتیجه مطالعه حاضر، در محاسبه گشتاورهای بالاتر ریاضی همچون واریانس، نتایج تئوری احتمال و تئوری عدم حتمیت اختلاف محسوسی ایجاد می‌نمایند. این مسئله لزوم ترویج تئوری عدم حتمیت را در مدل‌سازی درجه باور نمایان می‌سازد. به‌عبارتی آموزش پایه‌ای روش مدل‌سازی درجه باور بایستی مورد توجه قرار گیرد. در این زمینه لازم است با افزایش متغیر ضربی، اهمیت استفاده از تئوری عدم حتمیت در محاسبه ارزش انتظاری و همچنین سنجه‌های عدم حتمیتی نظیر TVaR نیز نمایان شود. در این مطالعه به‌دلیل پیچیدگی محاسبات، از محاسبه گشتاورهای بالاتر همچون چولگی و کشیدگی امتناع شده است. پیش‌بینی می‌شود که این گشتاورها نیز همانند واریانس حتی در حالت متغیر ضربی دوتایی، بر لزوم استفاده از تئوری عدم حتمیت در مدل‌سازی درجه باور تاکید بیشتری داشته باشند. لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به این سنجه‌ها نیز پرداخته شود.

منابع

1- Abdolahi Ezzatabadi M., and Bakhshoodeh M. 2007. Investigation of the possibility of using area yield agricultural insurance in Iran: A case study of pistachio. Scientific Journal of Agriculture 30(1): 37-50. (In Persian with English abstract)

2- Agricultural Jihad Service Center of Goharbaran, 2017. (In Persian with English abstract)

3- Alvanchi M., Mahmoud Sabouhi Sabouni M., and Rastegaripour F. 2011. Determination of agricultural programming in Fars Province using utility-efficient programming approach. Agricultural Economics 5(4): 89-106.

4- Artzner Ph., Delbaen F., Eber J.M., and Heath D. 1997. Thinking coherently. Risk 10: 68–71.

5- Chen L. Peng J. Zhang B. and Rosyida I. 2016. Diversified models for portfolio selection based on uncertain semivariance. International Journal of Systems Science 48(3): 1-11.

6- Chirima J., and Matete C. 2018. On uncertain programming and the farm planning problem. Scholars Journal of Physics, Mathematics and Statistics 5(2): 124-129.

7- Cochran C.B. 1977. Sampling techniques. John Wiley, New York.

8- Dalman H. 2016. Uncertain programming model for multi-item solid transportation problem. International Journal of Machine Learning and Cybernetics 1-9.

9- Hazell P.B.R. 1990. The proper functioning of agricultural insurance in developing countries In: Agricultural insurance in Asia (APO), Mohsen, H. Translation. Agricultural Economic, Planning and Research Development center 47-67.

10- Hesamian G., Peng Z., and Chen X. 2011. Goodness of fit test: A hypothesis test in uncertain statistics. Proceedings of the Twelfth Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Beijing, China, October 14-16, 978-982.

11- Holly S., and Hughes Hallett A. 1991. Optimal control, expectation and uncertainty. The Economic Journal 101(407): 976-978.

12- Huang X., and Zhao T. 2014. Mean-chance model for portfolio selection based on uncertain measure. Insurance, Mathematics and Economics 59: 243–250.

13- Huang X. 2011. Mean-risk model for uncertain portfolio selection. Fuzzy Optimization and Decision Making 10: 71–89.

14- Kahneman D., and Tversky A. 1979. Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica 47: 263–292.

15- Kay R.D. 2012. Farm Management, translated by Arslanbad, M. R., Urmia University Press. (In Persian with English abstract)

16- Liu B. 2007. Uncertainty Theory. 2nd edn, Springer-Verlag, Berlin.

17- Liu B. 2009. Some research problems in uncertainty theory. Journal of Uncertain Systems 3(1): 3-10.

18- Liu B. 2015. Uncertainty theory. 5th Edition, Springer-Verlag Berlin.

19- Liu J., Li Y.P., Huang G.H., Zhuang X.W., and Fu H.Y. 2017. Assessment of uncertainty effects on crop planning and irrigation water supply using a Monte Carlo simulation based dual-interval stochastic programming method. Journal of Cleaner Production 149: 945-967

20- Moschini G., and Hennessy D.A. 2001. Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers. In Gardner, B.L. and Rausser, G.C., Eds., Handbook of Agricultural Economics, 1, Elsevier 88-153.

21- Peng J. 2013. Risk metrics of loss function for uncertain system. Fuzzy Optimization and Decision Making 12(1): 53-64.

22- Shaik S., Coble K.H., Knight T.O., Baquet A.E., and Patrick G.F. 2008. Crop revenue and yield insurance demand: A subjective probability approach. Journal of Agricultural and Applied Economics 40(3): 757–766.

23- Torkamani J. 2006. Measuring and incorporating farmers' personal beliefs and preferences about uncertain events in decision analysis: A stochastic programming experiment. Indian Journal of Agricultural Economics 61(2): 185-

199.
24- Yao K. 2015. A formula to calculate the variance of uncertain variable. Soft Computing 19(10): 2947–2953.
25- Zarakani F., Chizari A., and Kamali G. 2014. The effect of climate change on the economy of rain fed wheat (a case study in Northern Khorasan). Journal of Agroecology 6(2): 301-310. (In Persian with English abstract)

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, p. 47-61

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۶۱-۴۷

Comparison of Applying Uncertainty Theory and Probability Theory in Calculating Uncertainty Measures of Revenue of Major Crops in Sari Goharbaran

F. Kashiri Kolaei[1]- S.A. Hosseini-Yekani[2]*- S.M. Mojaverian[3]
Received: 12-10-2019
Accepted: 29-03-2020

Introduction: Selecting suitable crops for cultivation in a non-certain environment is considered as an important management topic in the agricultural sector. Despite the multiple application of probability theory in quantifying uncertainty in the form of risk programming, validity of this theory depends on the existence of frequency for uncertain variable. For events that cannot be measured by frequency, the only solution is to use subjective judgment of persons in the domain field rather than historical data. Some experts have mistakenly considered subjective judgmentl as a subjective probability and thus used the probability theory to quantify subjective judgmental. But based on existing evidence, the quantification of subjective judgment should be carried out in another theory called the uncertainty theory. In uncertainty theory, in addition to using the belief degree rather than frequency for calculating mathematical moments, the expected value of multiplicative variables will be different with their corresponding relations in the probability theory. Considering these conditions and having in mind that the agricultural sector is always faced with uncertain variables such as price of crops and weather conditions like rainfall, in this study the revenue uncertainty measures of major crops in the Goharbaran region of Sari have been calculated and compared. There are different measures for uncertainty, which in the present study variance and Tail Value at Risk (TVaR) have been used.

Materials and Methods: The first step in the application of the uncertainty theory is the elicitation of the belief degree or subjective judgments of the farmers about the crop's price and rainfall during the crop season. To elicit the uncertainty distribution of these variables based on the subjective judgments of farmers, 120 farmers were randomly selected in 2018. After eliciting the farmers' beliefs about uncertain rainfall and prices in the cdf method, it was necessary to select the number of belief degree which current practice was based on previous studies in this field. After calculating the above subjective judgments, while assuming linear, zigzag, normal and normal forms for uncertainty distribution, the parameters of each function were calculated using the least squares method. Among the forms of uncertainty distribution functions, the best form of the uncertainty distribution for each crop's price and rainfall was selected by comparing the RMSE indexes. Subsequently, by calculating a causal relationship between rainfall and crop yield, inverse uncertainty distribution of yield was also extracted. Given the inverse uncertainty distribution functions of crop price and yield, required parameters such as expected revenue, variance and TVaR of revenue at 95% confidence were calculated based on operational laws of uncertainty theory and probability theory. Eviews and Matlab software were used to estimate the yield response function and the uncertainty distribution functions, respectively.

Results and Discussion: In this study, after collecting the belief degree of farmers in the studied area about different levels of price and rainfall, three groups of comprehensive beliefs about prices and rainfall were determined by goodness of fit test. Then, according to the relationship between crop yield and rainfall, the inverse function uncertainty distribution is also calculated. With the uncertainty distribution function of crops price and yield, the expected revenue, variance (standard deviation) and TVaR measure for revenue per hectare of crops were calculated and compared with the uncertainty theory as well as probability theory. Based on the results of this study, the amount of the above measures varied in different belief degree groups, which is due to differences in the uncertainty distribution parameters. Also, based on the results of this study in all groups of beliefs for all crops, the probability theory compared to the uncertainty theory has estimated the variance approximately more than 30% less, which is a significant result. In other words, applying probability theory to belief modeling will lead to erroneous and misleading results. In the case of the TVaR measure in binary multiplicative variable conditions, the use of probability theory and uncertainty theory in calculating TVaR does

1- Ph.D in Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources and Member of the National Elites Foundation
2 and 3- Associate Professors of Department of Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari
(*- Corresponding Author Email: hosseiniyekani@gmail.com)

not yield conflicting results.

Conclusion: The purpose of this study was to compare the results of applying probability theory for modeling belief degree rather than uncertainty theory in order to illustrate the necessity of using uncertainty theory in belief degree modeling. Studying the effect of probability theory in modeling the belief degree also suggests that the application of probability theory in the presence of two uncertain variables has no significant effect on expected values and TVaR but has a significant effect on variance size. Based on the results of the present study, assuming the binary multiplicative variable, in calculating higher mathematical moments such as variance, the results of probability theory and uncertainty theory make a considerable difference. This demonstrates the need to promote the uncertainty theory in belief degree modeling. In other words, basic training in the belief degree modeling method should be considered.

Keywords: Belief degree, Price, Rainfall, Uncertainty, Yield